

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Направление подготовки/профиль 03.06.01 Физика и астрономия. 01.04.20 Физика пучков  
заряженных частиц и ускорительная техника

Школа Исследовательская школа физики высокоэнергетических процессов

Отделение \_\_\_\_\_

Научный доклад об основных результатах подготовленной  
научно-квалификационной работы

Тема научного доклада
Разработка метода многоуглового сканирования для определения распределения плотности потока ионизирующего излучения в поперечном сечении пучка

УДК 539.124-18:519.876

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
А6-15	Булавская Ангелина Александровна		

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Директор	Сухих Л.Г.	д.ф.-м.н		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Стучебров С.Г.	к.ф.-м.н		

Томск – 2020г.

## **Аннотация**

В научно-квалификационной работе излагаются результаты работ по разработке и применению метода многоуглового сканирования для определения распределения интенсивности ионизирующего излучения в поперечном сечении пучка. Данный метод основывается на восстановлении двумерного распределения интенсивности ионизирующего излучения в поперечном сечении пучка из набора данных, полученных в процессе многократного сканирования пучка при разных углах наклона сканирующего элемента в плоскости перпендикулярной оси пучка. Такое восстановление осуществляется при помощи методов реконструкции, основанных на обратном преобразовании Радона.

В первой главе научно-квалификационной работы проведен литературный обзор по теме исследования. Были рассмотрены как общепринятые методы измерения пространственных характеристик пучков ионизирующего излучения, так и современные исследования в данной области. Также описаны основные преимущества и недостатки данных методов. Помимо этого, рассматриваются применяемые на практике методы диагностики характеристик пучков ионизирующего излучения для медицинских приложений.

Во второй главе научно-квалификационной работы описывается концепция предложенного метода многоуглового сканирования для определения распределения интенсивности ионизирующего излучения в поперечном сечении пучка. В разделе описывается выбор критерия оценки качества результатов реконструированных данных. Также в главе приведено описание исследования по определению минимально необходимого количества измерений профиля пучка для качественной реконструкции распределения интенсивности в поперечном сечении пучка.

Третья глава описывает процесс разработки и испытания экспериментальных установок для определения распределения интенсивности электронов в поперечном сечении пучка методом многоуглового сканирования. На первом этапе разработано устройство в виде металлической рамки с тонкими металлическими полосками, расположенными под разными углами относительно друг друга. С помощью данного устройства проведен эксперимент, который показал возможность применения данного метода. Однако, высокие электромагнитные наводки на металлической рамке привели к возникновению искажений реконструированных данных и полученные результаты позволили лишь оценить наличие «горячих» и «холодных» пятен, а не дали полноценное распределение интенсивности электронов в поперечном сечении пучка электронного пучка. Во избежание данного фактора было предложено использовать диэлектрический детектор. Первоначально, в качестве детектирующего элемента, был выбран оптоволоконный кабель,

в теле которого под действием высокоэнергетичных электронов генерируется вторичное излучение (излучение Вавилова-Черенкова, переходное излучение, тормозное излучение). На основе такого детектора было проведено экспериментальное исследование по измерению распределения интенсивности электронов в поперечном сечении пучка. Полученные результаты показали, что преимущественно при таком измерении в оптоволокну генерируется излучение Вавилова-Черенкова, интенсивность которого возрастает в случае, когда электроны входят в материал детектора под углом близким к черенковскому. В связи с этим, интенсивность регистрируемого излучения Вавилова-Черенкова увеличивается, когда детектирующий элемент располагается на краях расходящегося пучка. На следующем этапе была разработана детектирующая система на основе сцинтилляционной полоски, в теле которой под действием ионизирующего излучения генерируются световые фотоны. В эксперименте на выведенном электронном пучке Микротрона ТПУ были получены результаты, которые позволяли измерить размеры пучка и оценить их форму. В заключении главы было проведено сравнение оценочных критериев результатов, полученных в экспериментах с разными детектирующими системами, и принято решение о дальнейшем использовании детектора на основе сцинтиллятора.

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям по апробации метода многоугольного сканирования с помощью экспериментальной установки, основанной на применении сцинтилляционного элемента. Эксперименты проводились на импульсном рентгеновском пучке с характерными размерами  $20 \times 20 \text{ мм}^2$ , на электронном пучке с характерными размерами  $50 \times 50 \text{ мм}^2$ , на рентгеновском пучке постоянного действия с характерными размерами  $20 \times 20 \text{ мм}^2$ . Результаты экспериментов показали возможность измерения распределения интенсивности ионизирующего излучения в поперечном сечении пучка с разрешением обусловленным толщиной сцинтилляционной полоски, которое составило  $2 \times 2 \text{ мм}^2$ .